그룹화 블록 스네이크 알고리즘을 이용한 차선추출

이 응 주[†]

요 약

본 논문에서는 그룹화 블록 스네이크를 이용한 도로 영상 차선추출 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 먼저 영상을 8x8 블록으로 나눈 후 전체 영상을 확률적 접근 방식에 의해 잡음을 포함한 블록들을 제거하였으며, 차선과 겹치는 배경 영상과의 분리를 위해 허프 변환을 사용하였다. 도로 영상에 포함된 차선 추출을 위해 전영역 탐색 방법 보다는 블록을 그룹화한 후 탐색하는 방법을 사용하였다. 제안한 방법은 기존의 화소 단위의 스네이크에 비해 계산량의 감소와 화소 단위의 잡음을 제거하는 장점을 가진다.

Lane Extraction Using Grouped Block Snake Algorithm

Eung-Joo Lee[†]

ABSTRACT

In this paper we propose the method which extracts lane using the grouped block snake algorithm. In the proposed algorithm, input image is divided into 8x8 blocks and then noise-included blocks are removed by a probability-based method. And also, we use hough transform to separate lane from the background image and suggest a grouped block snake method to detect road lane blocks. The proposed method reduces computational complexity and removes the noise in a more effective way compared to the pixel-based snake method.

1. 서 론

현재 차량의 급속한 증가에 따라 지능형 차량 제어 분야와 도로상에서 발생할 수 있는 사고를 사전에 방지하고, 운전자의 안전을 위해 사고 방지 시스템에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 이중에서 도로상의 차선추출 및 차량검출에 대한 연구 분야는 날로 되고 있다[1-5]. 도로상에서 승객의 안전을 지키는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 첫째는 수동형 안전장치로서 사고 직전 또는 직후에 안전을 지키는 기능을 발휘하는 방법이며, 둘째는 능동형 안전 장치로서 미리 사고의 가능성을 검지하여 운전자에게 경고하는 방법이 있다.

전세계적으로 능동형 안전 장치의 개발에 관련된 많은 연구가 이루어지고 있으며, 다음과 같은 연구 동향을 보인다[1,2]. 첫째, 모든 주행 차선을 직선과 반경이 큰 곡선으로 규정하여 영상 정보 중의 경계선 기울기 방향 정보를 이용하여 직선을 구하는 방법이다. 둘째, 영상 정보의 크기와 방향을 계산하고 기울기 방향을 계산한 후 기울기 방향을 미리 정한 몇 개의 영역으로 분할하여 그룹화 시켜, 이 그룹들을 직선 피팅(fitting)과 곡선 피팅을 이용하여 차선을 추출하는 방법이다. 다양한 방법의 차선추출 이론이 발표되어졌으며, 이러한 논문의 주된 경향은 차선추출, 잡음의 제거와 곡선 도로의 추출 문제 등이다 [3-4]. 기존의 차선추출 알고리즘들은 차선 주변의 잡음, 차선과 주변 영상과의 분리, 차량에 의해 가려진 차선의 추출 등의 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존의 차선추출 방법의 문제점들을 해결하기 위해 확률적 접근 방식을 이용한 보다 정확한 차선추출 방법을 제안한다. 또한 차선과 배경 영상이 접하는 부분에서의 차선의 잘못된 추출을 방

† 정회원, 동명정보대학교 정보통신공학과 조교수

지하기 위해 허프(Hough) 알고리즘[6]을 이용하여 배경영역을 분리하였다. 그리고 블록 스네이크 알고리즘과 그룹화 탐색 방법을 이용한 경로추적 및 차선 연결 알고리즘을 제안하여 실제 차선에 근접한 직선 연결 결과를 가진다. 제안한 방법은 기존의 화소 단위의 스네이크에 비해 상당한 계산량의 감소와 화소 단위의 잡음을 제거하는 장점을 가진다.

2. 그룹화 블록 스네이크 알고리즘을 이용한 차선추출

2.1 차선 후보블록 설정

영상 경계의 방향 정보는 3x3 크기의 Sobel[6] 마스크(mask)를 영상에 적용하여 식 (1)의 기울기의 크기 성분인 G_m을 구하여 G_m이 100이상인 화소만 경계로 간주하여 식 (2)의 기울기의 방향 성분인 G_d를 구하였다.

$$G_m(k,l) = |I_x(k,l)| + |I_y(i,j)| \tag{1}$$

$$G_d(k,l) = \tan^{-1}\frac{I_y(k,l)}{I_x(k,l)} \tag{2}$$

여기서 $I_x(k,l)$와 $I_y(k,l)$는 Sobel 마스크를 적용하여 얻어진 수평, 수직 성분의 기울기 값이다.

본 논문에서는 Sobel 마스크에 의해 추출된 경계 영상을 8 x 8 화소의 일정한 블록으로 나누어 이 블록들을 기본 단위로 하여 차선이 존재할 가능성이 높은 블록을 먼저 추출한다. 이는 블록내의 잡음을 제거하여 잡음의 영향을 줄이고 계산량의 감소를 가져온다. 또한 0~2π를 가지는 기울기 방향을 16등분으로 분할하여 16개의 방향성분을 가지게 하였다. 그림 1은 직선 도로와 곡선 도로에서의 16 방향에 대한 화소의 빈도수를 나타내는 히스토그램이다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 직선 도로와 곡선 도로의 경우 차선 방향 히스토그램의 형태가 다른 점을 이용하여 직선도로와 곡선도로를 구별하는 초기정보로 사용하였다[3].

제안한 방법에서는 분할된8x8 블록에서 각각의 화소에 대해 16등분된 방향별 각도에 따라 동일 방향을 가지는 기울기의 크기 값을 누적한다. 먼저 블록내 화소들의 방향 각도를 구한 후, 그 화소에 대응되는 점들의 기울기 크기를 각 방향에 따라 누적한다. 이때, 16방향 중 기울기 크기의 합이 가장 큰 방향이

(a)

(b)
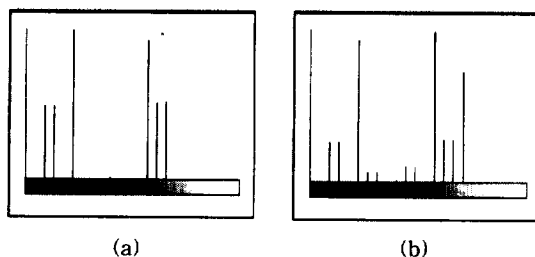
그림 1. (a) 직선도로의 방향성분 히스토그램
(b) 곡선 도로의 방향성분 히스토그램

차선 방향일 확률이 높으므로 차선 후보블록으로 추정한다. 그림2는 64x64영역에서의 직선 성분이 분포된 영상을 나타내며, 그림 2(a)는 직선 성분만 포함된 영상이고, 그림 2(b)는 직선과 더불어 잡음 성분을 포함한 영상이다. 그림 2(c)와 2(d)는 각각 그림 2(a)와 2(b)의 기울기 크기에 대한 히스토그램을 나타낸다.
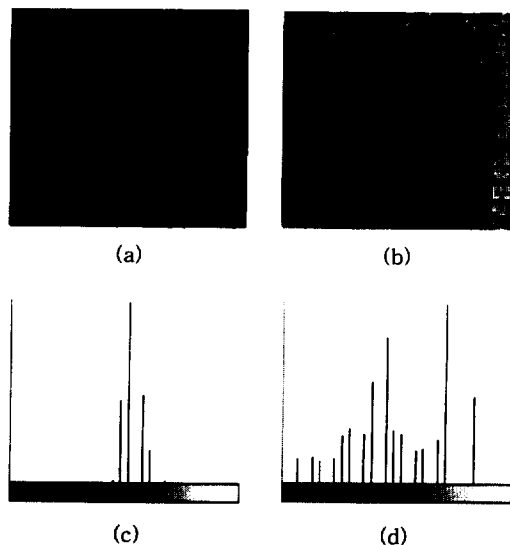
그림 2. 일반적인 도로 영상과 복잡한 도로의 Histogram 비교
(a) 직선 성분만 포함한 영역
(b) 복잡한 영상을 포함한 영역
(c) (a)의 히스토그램
(d) (b)의 히스토그램

그림 2에서 볼 수 있듯이 단순히 방향별 기울기 크기의 합이 가장 큰 것이 그 블록에서 차선을 포함하고 있다고 보기에는 부족하다. 복잡한 주변영상을 포함한 형태의 영상에서는 차선을 포함하지 않는 경우에도 충분히 기울기 크기의 합이 가장 큰 값을 가질 수 있으므로 차선 후보블록으로 판별하기에는 부족

한 점이 있다. 이런 경우 주위 화소들을 차선 후보블록으로 추출할 수 있는 단점을 보완하기 위해, 본 논문에서는 16방향의 기울기 크기 정보들이 일정한 방향으로 밀집되었는가를 판단하는 식 (4)와 같은 분산을 사용하여, 8x8 블록에 대해 방향별 기울기 크기의 합이 크고 분산이 작은 블록을 차선 후보블록으로 추정하는 방법을 제안한다.

$$\mu_{Gm} = \frac{1}{N_{total}} \sum_{i=1}^{16} G_m(i) \quad (3)$$

$$\sigma_{Gm} = \frac{1}{N_{total}} \sum_{i=1}^{16} (\mu_{Gm} - G_m(i))^2 \quad (4)$$

여기서, N_{total}은 블록내의 화소수를 나타내며, $G_m(i)$는 16 방향 중 i 방향의 기울기 크기의 합을, μ_{Gm}과 σ_{Gm}은 방향별 기울기 크기의 합에 대한 평균과 분산을 나타낸다. 이는 기울기 크기의 평균이 크고 분산이 작은 블록이 한 방향에 대한 밀집도가 높으므로 차선일 확률이 높기 때문이다. 실험에서는 μ_{Gm}이 120 이상인 블록과 σ_{Gm}이 450 이하인 블록을 차선 후보블록으로 설정하였다.

또한 본 논문에서는 8x8 블록 내의 모든 화소의 16방향에 대한 방향값의 빈도수와 분산을 이용하여 차선 후보블록을 추출하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 8x8 블록내의 16방향에 대한 빈도수를 나타내는 히스토그램을 구하여, 최대 빈도수를 나타내는 방향을 찾아내고, 최대 방향에서의 경계 화소의 개수가 8x8 블록내에서 경계성분으로 설정된 화소의 개수의 30% 이상인 블록을 차선 후보블록으로 설정한다. 이는 방향별 각도에 따른 누적 화소 수가 많은 블록과 방향별 누적수의 분산이 큰 블록이 차선일 가능성이 높은 성질을 이용하였으며, 방향별 빈도수는 크지만 복잡한 형태의 영상 블록을 제거하는 효과를 가진다.

2.2 정확한 차선추출을 위한 전처리 과정

방향별 기울기 크기와 방향값만 가지고 정확한 차선 후보블록을 추출할 수 없다. 그림 3(a)는 아스팔트 도로의 경우 다수의 잡음이 도로 영상의 중앙에 발생하여 잡음이 있는 영역을 차선 후보블록으로 추출하게 된다. 그리고 그림 3(b)도 차선과 인접한 복잡한 형태의 배경영상으로 인하여 많은 차선 후보블록들이 배경영상 주위에 발생하게 된다.

(a)

(b)
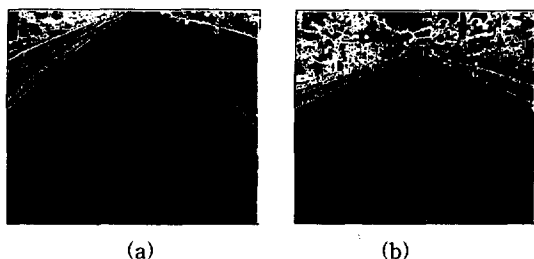
그림 3. (a) 도로 중앙에 잡음을 포함한 영상
(b) 복잡한 배경영역과 인접한 차선을 포함한 영상

본 논문에서는 정확한 차선 후보블록을 추출하기 위해 1차 차선 가능 후보블록에 대해 식 (5)의 정규 직선 방정식을 사용한 8x8 영역에서의 허프 알고리즘을 적용하여 직선성분을 검출하였다.

$$x\cos\theta + y\sin\theta = \rho \quad (5)$$

여기서 x와 y는 영상의 행과 열을 나타낸다. 각도 θ의 범위는 x축을 기준으로 $\pm 90°$이다. 즉 그림 4에 대하여 수평 방향의 직선은 $\theta = 0°$이고, ρ는 x축과 교차하는 양의값 절편과 같다. 또, 수직방향의 직선은 $\theta = 90°$이고, ρ는 y축을 지나는 양의 교차점이거나, $\theta = -90°$이고 ρ는 y축을 지나는 교차점의 음의 값과 같다.
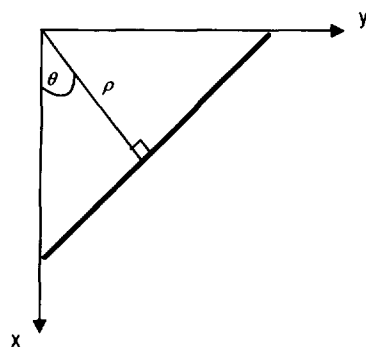
그림 4. 직선의 정규적 표현 방법

이는 블록 내에서 복잡한 분포와 잡음을 포함한 블록은 직선 성분이 없으므로, 잡음과 복잡한 배경영상 블록을 1차 차선 가능 후보블록에서 제외시켜 정확한 차선 후보 블록을 추출한다.

레이블링(labeling) 알고리즘은 차선추출을 위한 스네이크 알고리즘 수행의 전 처리 과정이다[7]. 그림 5는 일반도로와 레이블링된 도로 영상을 나타낸

다. 일반적인 레이블링 알고리즘을 사용할 경우 그림 5(b)에서와 같이 왼쪽과 오른쪽 차선에 대해 배경 블록의 연결성으로 인하여 차선추출에 오류를 유발할 가능성이 높다. 그러므로 본 논문에서는 전 영역 탐색 방법에서 나타날 수 있는 잘못된 추출을 방지하기 위해 전 영역을 소그룹별로 나눈 후 스네이크를 이용해 보다 정확한 차선추출 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 8x8 블록을 한 화소로 간주하여 기울기 크기와 방향성분을 이용하여 설정된 차선 후보블록이 연결되어 있는가를 조사한다[8]. 본 논문에서 사용한 레이블링 과정은 다음과 같다.

단계 1 : 영상에서 차선 후보블록으로 설정된 블록에 대해 탐색하고 레이블이 설정되어 있지 않는 블록 P를 찾아내어 새로운 레이블을 붙인다.

단계 2 : 블록 P에 대해 연결되어 있는 블록에 대해 같은 레이블을 설정한다.

단계 3 : 현재 레이블을 설정한 블록과 연결되어 있는 모든 블록에 동일 레이블을 설정한다.

단계 4 : 단계 3을 레이블을 설정해야 할 블록이 없어질 때까지 계속한다.

단계 5 : 단계 1로 돌아가 아직 레이블이 설정되지 않은 블록이 발견되면 새로운 레이블을 설정하고 단계 2에서 단계 4까지의 처리를 한다.

연결되어 있는 모든 차선 후보블록에 동일 레이블을 할당하여 그룹화하며, 수평 기울기에 해당하는 경우 레이블링을 종료하여 배경 블록을 차선과 분리하여 차선추출의 정확성을 높였다. 이러한 방법은 8x8블록을 한 화소로 간주하므로 화소에 의한 레이블링 기법보다 64배의 계산량의 감소를 가져온다.

(a)

(b)
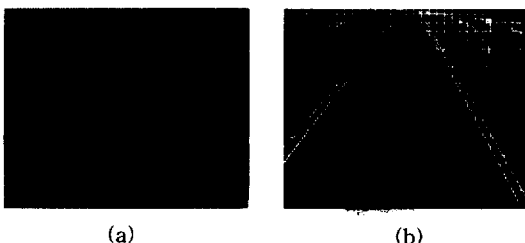
그림 5. 도로 영상의 레이블링 (a) 도로 영상 (b) 레이블링에 의해 그룹화된 영상

2.3 그룹화 블록 스네이크 알고리즘

레이블링에 의한 후보군 그룹화에서 얻어진 소 그룹별 영역에서 실제 차선을 추출하는 방법으로 스네이크 에너지를 이용한 경계 추종 기법을 사용한다. Kass[9]에 의해 제안된 스네이크는 능동 경계선 모델을 나타내는 것으로 에너지 최소화 스플라인으로 규정되어지며, 스네이크 에너지는 영상에서 그 형태와 위치에 관련되어진다. 스네이크는 구하고자 하는 경로의 근처에 스네이크의 출발점과 대략적인 형태를 만들어야 하며, 초기 정보에 의해 스네이크는 적절한 경로로 변형되어진다. 이러한 스네이크는 다른 영상 모델들과는 달리 항상 자신의 에너지를 최소화시키는 능동적인 과정을 수행한다. 스네이크 에너지는 주로 화소 단위로 구성되나 직선 형태의 스네이크로 구성되어지기도 한다.

본 논문에서는 화소 단위의 스네이크의 경우 상당히 많은 계산량이 요구되며 잡음에 의해서도 많은 영향을 받게 되는 단점을 보완하기 위해 블록 스네이크 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 블록을 연결하는 능동 블록 모델을 구성하고 이를 영상의 기울기 정보를 이용하여 블록 스네이크 에너지를 구성한다. 제안한 블록 스네이크 방법은 8x8 블록 자체를 하나의 화소로 가정하여 수행함으로써 포인트 스네이크에 비해 약 1/64의 계산 시간의 단축과 화소 단위의 잡음을 제거하는 장점을 가진다. 스네이크 에너지는 내부 에너지와 외부 에너지로 규정되어지는데 내부 에너지는 스네이크의 형태로부터 나타나며 외부 에너지는 영상이나 고차원의 영상 인식 과정에서 나타난다. 본 논문에서 사용되어진 스네이크 에너지는 다음과 같은 세가지 항목을 갖는다.

1. 기준 블록 내 최대 경계 방향과 기준 블록과 탐색 되어지는 블록을 연결하는 직선의 각도 차이를 나타내는 연결 직선 방향 각도($\theta 1$)
2. 기준 블록과 탐색 되어지는 블록과의 블록 내 최대 경계 방향의 차이로 표현되는 최대 경계 방향 각도차($\theta 2$)
3. 블록을 연결하는 직선상의 정규화된 경계방향 크기 (ΣGm_{line})

그림 6(a)는 최대 경계 방향을 굵은 직선으로 표시하여 연결직선방향각도를 나타내었으며, 실제 차선의 경우 연결직선방향 각도가 작게 된다. 그림 6(b)에서

는 최대경계방향 각도차를 나타내며, 실제 차선의 경우 기울기 방향이 거의 동일하게 된다. 제안한 방법에서는 연결직선방향각도와 최대경계방향 각도차를 이용하여 식 (6)과 같이 블록 스네이크의 내부 에너지 E_{int}로 설정한다. 현재 블록의 최대 방향과 다음 블록의 최대 방향을 연결하는 직선과 차선이 일치하면 매우 큰 기울기 크기를 가지게 되므로 제안한 방법에서는 식 (7)에서 나타낸 연결직선크기의 합을 블록 스네이크의 외부 에너지 E_{ext}로 설정하여 식 (8)의 전체 스네이크 에너지가 최대가 되는 블록을 연결하여 차선추출을 수행하는 방법을 제안한다.

$$E_{\text{int}} = \cos\theta 1 + \cos\theta 2 \tag{6}$$

$$E_{ext} = \sum_{i=start}^{end} Gm_{line(i)} \tag{7}$$

$$Total\ Snake\ Energy = E_{\text{int}} + E_{ext} \tag{8}$$

(a)

(b)
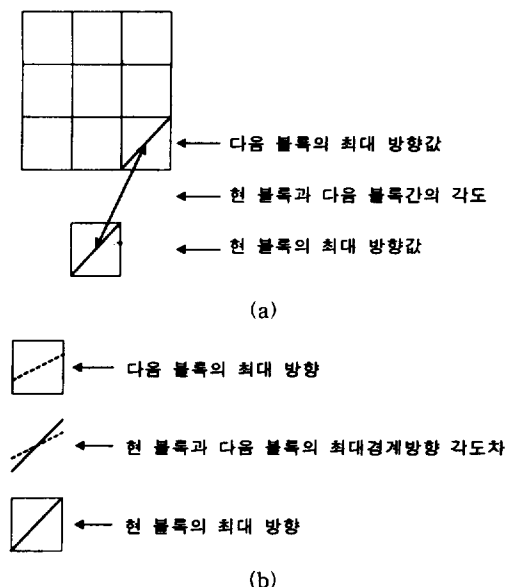
그림 6. (a) 연결직선방향 각도 (b) 최대경계방향 각도차

식 (7)에서 start와 end는 블록을 연결하는 직선의 시작점과 끝점을 나타내고, $Gm_{line(i)}$는 블록을 연결하는 직선상의 정규화된 기울기 크기를 나타낸다. 도로 영상에 있어서 차선과 직선이 일치하는 경우 상당히 큰 경계방향 크기값을 가지며 그 크기가 클수록 도로 영상의 차선과 일치할 가능성이 크다고 할 수 있으며 이 값들이 최대가 되는 블록을 연결하여 차선 검지에 이용할 수 있다.

구성된 블록 스네이크로부터 정확한 차선추출을 수행하는 방법은 일반적으로 영상의 경계 정보를 이용하는 경로 추적 방법을 사용한다. 경로 추적 방법으로는 스네이크 에너지의 동적프로그래밍(dynamic programming), 그래프 탐색 방법, 전영역 탐색 방법 등이 있다[9]. 다이나믹 프로그래밍과 그래프 탐색 방법의 경우는 계산량의 단축이라는 장점을 가지고 있으나 영상에서 한번의 탐색으로 연결된 하나의 경로만을 찾아낼 수 밖에 없다는 단점을 가지고 있다. 반면에 전영역 탐색은 여러 경로를 찾을 수 있다는 장점은 있으나 상당히 많은 계산량을 요한다.

본 논문에서는 기존의 화소 단위의 스네이크 에너지를 이용한 경계선 추적 방법에 따른 계산량의 증대와 다차선 추출의 문제를 해결하고자 새로운 그룹화 탐색 방법을 제안한다. 제안한 방법은 차선 후보블록을 하나의 화소로 간주하여 각 블록의 스네이크 에너지가 최대가 되는 블록을 선정한 후, 다른 경로의 탐색을 다시 수행하는 것으로 이 때 한번 탐색되어진 블록은 다음 탐색에는 제외시킨다. 제안한 방법에서는 240x320 크기의 영상을 8x8 블록으로 나누어 차선 후보로 추출된 블록은 '1'로 그렇지 않은 경우는 '0'으로 하여 간축된 30x40 영상을 만들었다. 제안한 방법에서는 간축된 영상을 대상으로 레이블링하여 각 인접한 화소들을 그룹화 시키고, 각 그룹별로 스네이크 알고리즘을 적용하여 차선을 추출하였다. 그림 7은 전체 영상에서 소 그룹별 스네이크 탐색 방법에 관한 것으로서 백색의 블록이 그룹화 중 탐색되어지거나 추출된 블록을 나타내며, 이 블록들은 다음의 탐색 시작점에서 제외된다. 그림 7에서 전체 그룹화 개수는 4개로 표시할 수 있으며, 그룹 개수의 감소에 의해 계산량이 감소되고 다차선 추출이 가능하게 된다.
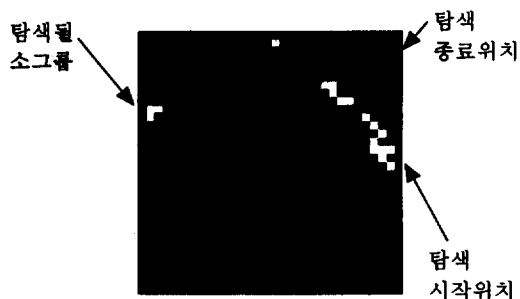
그림 7. 전체 영상에서 소그룹별 스네이크 탐색

제안한 경로 추종 알고리즘의 계산 횟수는 전체 후보 블록수로서 전체 후보 블록들을 한번만 탐색함으로써 다 차선 추출이 가능하다. 스네이크의 출발점은 전 단계에서 소 그룹화된 블록별로 순차적으로 실행된다.

차선추출 과정을 통하여 얻어진 블록들의 연결 과정에서 차선을 포함하는 블록으로 선정되었으나, 다른 블록과 연결되지 않거나 차선이 끊어진 차선인 경우에는 차선이 짧거나 끊어져 있는 영상을 나타낸다. 이는 연속된 경로가 스네이크의 기본 조건이기 때문이다. 그러므로 추출된 블록의 재연결 과정을 통하여 최종적인 차선을 추출하고 잘못 추출된 독립된 블록의 제거 과정이 필요하다. 이러한 재연결 과정은 경로 추종 알고리즘과 비슷한 과정을 거친다. 경로 추적에 의해 연결되어진 경로를 그룹화 하여 그룹화 되어진 경로들의 시작과 끝 블록, 추출은 되었으나 연결 되지는 않은 블록 등으로 경로 추종과 같은 방법의 탐색을 수행하여, 이미 연결된 블록들과 연결되지 않은 독립된 블록들의 영상 기울기 방향의 연관성을 기준으로 재연결 여부를 판정하게 된다.

본 논문에서는 식 (10)과 같은 내부 스네이크 에너지를 판정 기준으로 하여 내부 스네이크 에너지가 문턱치 이상인 블록은 재 연결하는 방법을 사용한다.

$$E_{\mathrm{int}} = \cos(\theta 1) + \cos(\theta 2) > T_{recon} \qquad (10)$$

스네이크 에너지 중 외부 에너지를 사용하지 않는 이유는 차선 재연결은 기본적으로 연속 직선의 적용이 아닌 독립된 후보 블록이나 끊어진 도로 등과 같이 연속 하지 않은 경우에 적용하는 것을 목적으로 하기 때문이다. 즉, 식 (10)과 같은 조건에 해당하는 후보 블록들은 그 블록들을 연결하는 직선상에 실제로 차선이 존재하지 않으므로 외부 에너지 즉, 연결된 선상에 존재하는 기울기 크기가 존재하지 않기 때문이다. 제안한 방법에서는 탐색 블록간의 연결을 탐색된 영역의 기하학적 중심을 블록 내의 최대 기울기 크기 위치로 이동한 후 이 점들을 직선 연결하여 실제 차선 연결의 정확성을 높였다. 이는 실제 차선의 경우 상당히 큰 기울기 크기를 가지므로 연결점 이동으로 실제 차선에 근접한 직선 연결 결과를 얻을 수 있다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 제안된 차선 인식의 효율을 높이기 위하여 다양한 종류의 도로 영상에 대해서 실험하였고 영상 입출력을 위하여 PULIX사의 MV1000 보드를 사용하였다. 영상의 한 화소가 나타낼 수 있는 명암도는 256이며, 구현을 위해서 Microsoft C++ 6.0 프로그램을 사용하였다. 실험에 사용된 도로 영상은 직선 도로 영상, 차선이 떨어진 직선 도로 영상, 차선이 연결된 부분과 떨어진 부분을 포함한 곡선 도로 영상 및 주변 영역이 복잡한 도로 영상으로 차선 추출 과정을 실험하였다. 그림 8은 직선 형태와 차선으로 연결된 직선도로 영상에 대한 실험 결과로서 그림 8(a)는 원 영상이며 그림 8(b)는 원 영상에서 소벨 연산자로 에지를 검출하고 이진화와 중간값 필터로 전처리를 한 다음 기울기와 명암도를 이용한 블록 스네이크로 차선만을 검출한 영상이다. 그림에서와 같이 잡음에 의해서 차선만을 검지하지 못하고, 배경이나 도로에서 빛이 반사된 부분과 같은 잡음 부분도 같이 검지되고 있음을 알 수 있다. 그림 8(c)는 그림

(a)

(b)

(c)
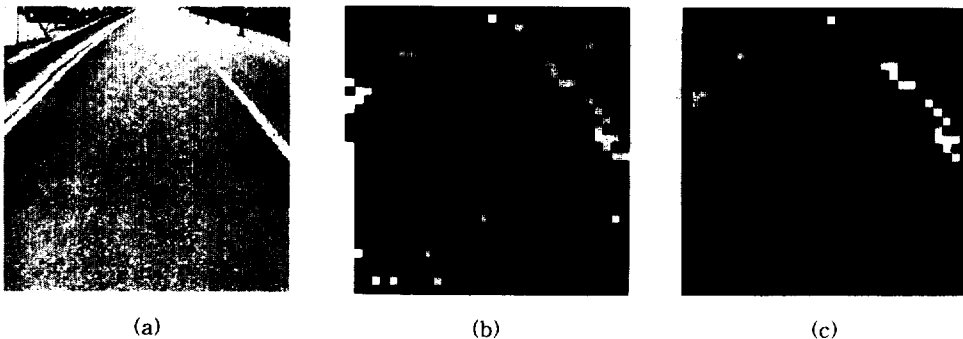
그림 8. 직선 차선 영상: (a) 원영상; (b) 잡음이 포함된 차선 추출 결과; (c) 잡음이 제거된 차선 추출 결과

8(b)의 영상에서 독립된 블록을 제거함으로써 잡음으로 추측되는 부분을 제거함으로써 향상된 결과 영상이다. 그러나 영상의 위 부분의 멀리 떨어진 차선도 제거되는 단점이 있으며 이는 원근법에 의해 차선이 점차 좁아지는 점을 감안하여 영상의 전영역을 고려하지 않고 국부적으로 적용함으로써 제거할 수 있다.

또한 그림 9는 차선이 떨어진 직선 도로 영상에 대한 결과로서 그림 9(a)는 원 영상으로 야간에 획득한 영상으로 위 부분의 배경이 없는 영상이다. 그림 9(b) 영상은 블록 스네이크를 적용한 영상으로 오른쪽부분의 배경 영상이 검지 되고 있다. 특히, 전봇대를 검지하면서 그 기울기와 명암도가 존재함으로 인해서 하나의 영역으로 검지하고 있다. 그림 9(c) 영상은 잡음을 제거한 영상이다. 그러나 오른쪽의 배경영상 중 독립된 블록만을 제거하고, 하나의 영역으로 되어있는 전봇대는 제거하지 못하나 이러한 부분도 그림 8(c)와 마찬가지로 국부적으로 적용하거나 검출된 기울기나 명암도와 같은 정보를 이용하여 허프변환을 수행한 후 차선을 인식하는 것과 같은 방법 등으로써 제거가 가능하다.

그림 10는 차선이 연결된 부분과 떨어진 부분을 포함한 곡선 도로 영상에 대한 실험 결과이다. 그림 10(a) 영상은 위 부분의 배경이 없는 원 영상이며 그림 10(b) 영상은 블록 스네이크를 결과 영상이다. 오른쪽의 배경이 잡음의 형태로 존재하고 있으며 차선검출에도 영향을 주고 있어서 차선의 검지가 두꺼운 형태로 나타난다. 그림 10(c) 영상은 잡음을 제거한 영상이다.

그림 11은 주변 영역이 복잡한 도로 영상에 대한 결과로서 그림 13(a) 영상은 전봇대, 표지판, 나무 등과 같이 잡음이 되는 배경이 반 이상인 원 영상이다. 그림 11(b) 영상은 블록 스네이크 결과 영상으로 잡음이 검출되고 있다. 특히, 일정한 기울기나 명암도를 가지는 나무, 전봇대, 표지판 등과 같은 잡음은 그 자체가 하나의 연결성을 갖는 블록으로 존재하고

(a) (b) (c)
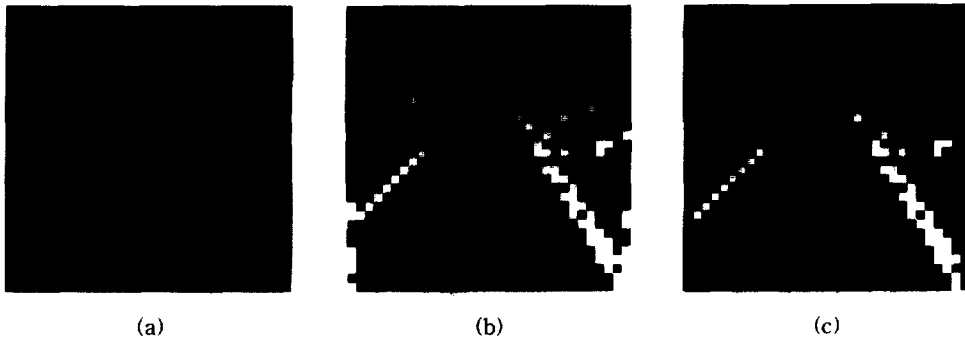
그림 9. 차선이 떨어진 직선 차선(배경 영상 제거) : (a) 원영상; (b) 잡음이 포함된 차선 추출 결과; (c) 잡음이 제거된 차선 추출 결과

(a) (b) (c)
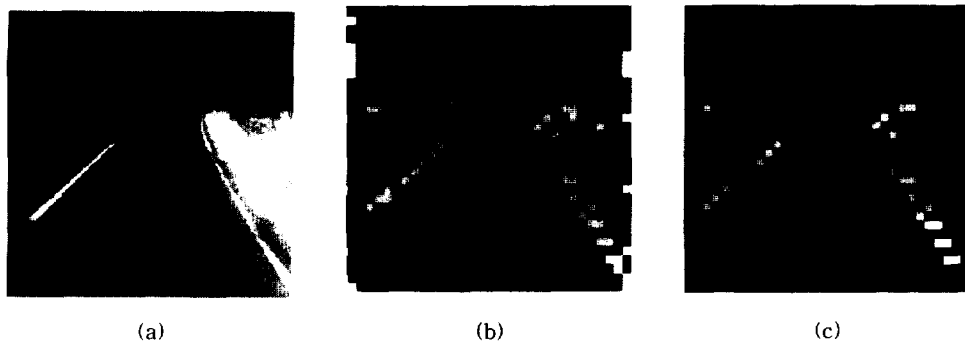
그림 10. 차선이 연결된 부분과 떨어진 부분을 포함한 곡선 차선: (a) 원 영상; (b) 잡음이 포함된 차선 추출 결과; (c) 잡음이 제거된 차선 추출 결과

(a) (b) (c)
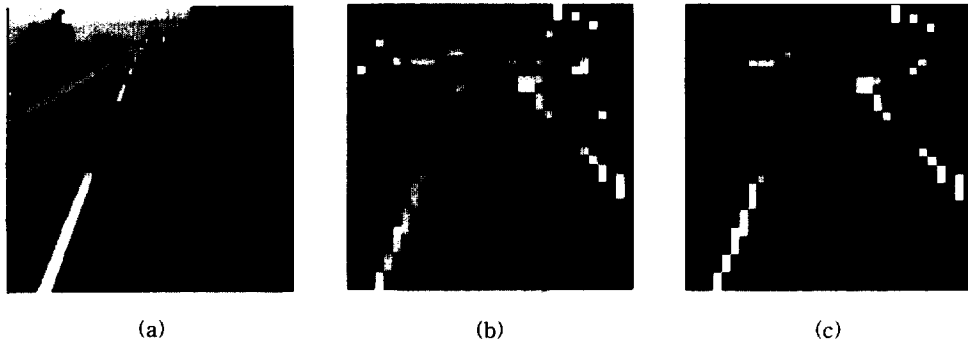
그림 11. 배경이 복잡한 도로 영상(배경이 50%이상): (a) 원영상; (b) 잡음이 포함된 차선 추출 결과; (c) 잡음이 제거된 차선 추출 결과

있다. 그림 11(c) 영상은 잡음을 제거한 영상으로 독립된 형태의 잡음은 제거 되었지만, 특정한 잡음은 제거 되지 않았다. 이 부분의 해결을 위해서는 지능형 알고리즘이나 도로가 위치하는 영역을 사전에 추측하는 등에 대한 연구가 진행되어져야 할 것이다.

본 논문에서는 기존의 차선 인식의 문제점인 계산량 증대에 따른 차선 인식의 처리시간 문제점과 곡선 도로의 추출 및 끊어진 도로의 추출 문제, 잡음 경계의 문제를 해결하고자 확률적 접근법을 사용하여 차선 존재 영역을 추출하였다. 본 논문에 사용된 확률적 접근 방법은 화소 단위가 아닌 8 x 8 블록 단위로 수행되어 계산량의 단축과 블록 내 작은 잡음의 영향을 제거하는 장점을 가진다. 또한 전 영역 탐색 알고리즘의 단점인 복잡한 알고리즘과 잘못된 추출의 가능성을 줄이기 위해서 각 블록을 그룹화 시키는 레이블링 알고리즘을 적용하였고 기존의 화소 단위의 스네이크에 비해 잡음에 강하고 또한 계산량을 줄일 수 있도록 그룹 블록화 스네이크 알고리즘을 적용하였다. 제안된 방법은 실 도로 영상의 차선 인식에 있어서 카메라의 위치가 다소 이동하는 경우에도 그룹화 정보를 통한 신속한 차선 인식이 가능하다는 장점도 가지고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 전체 영상을 8x8 블록으로 분할한 후 차선 후보 블록을 추출한 후 블록별 스네이크를 수행하였다. 또한 그룹화 탐색 방법을 이용한 경로 추적을 수행하여 차선 추출의 정확성을 개선시키는 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 블록을 연결하는 블록 모델을 구성하고 이를 영상의 기울기 정보를 이용하여 블록 스네이크 알고리즘을 구성하였다. 이는 8x8 블록 자체를 하나의 화소로 가정하여 수행함으로써 화소 단위의 스네이크에 비해 상당한 계산량의 감소와 화소 단위의 잡음을 제거하는 장점을 가진다. 또한 제안한 그룹화 탐색 방법을 통한 경로 추적 과정은 전체 차선 후보블록을 한번만 탐색하여 기존의 경계선 추적에 따른 계산량을 감소시켰다. 또한 탐색된 영역의 기하학적 중심을 블록 내의 최대 기울기 크기 위치로 이동시킨 후 이 점들을 연결시킴으로써 실제 차선에 근접한 직선 연결 결과를 가진다.

향후, 복잡한 배경 영상에서의 차선 추출 알고리즘 대한 개선 연구와 그룹화 스네이크의 단점인 차선 추출을 개선에 대한 연구가 추가로 진행 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] M. Hirano, "Development of Vehicle-Following Distance Warning System for Trucks and Buses", *IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems conference*, Ottawa-VNIS'93, 1993.

[2] C.E. Smith, C.A. Richards and N.P. Papanikolopoulos, "Visual Tracking for Intelligent Vehicle-Highway Systems", *IEEE Transations on Vehicular Techonology 45(4)*, pp. 744-759, 1996.

[3] Brian Burns, Allen R. Hanson, "Extracting Straight Lines", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.PAMI-S,

NO.4, pp.425-434, July, 1986.

[4] 최승욱, 이장명, "이동창을 이용한 차선 인식 및 장애물 감지", *대한전자공학회논문지*, 제 36권 S편 제 1호 pp. 93-103, Jan. 1999.

[5] A.M. Waxman, J. LeMoigne, L.S. Davis, B. Srinivasan, T. Kushner, E. Liang and T. Siddalingaiah, "A Visual Navigation System for Autonomous Land Vehicles", *IEEE Trans. Robotics Automat.*, vol. RA3, no. 2, pp.121-141, 1987.

[6] Rafael C. Gonzalez, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1993.

[7] Hironobu Takahashi and Funiaki Tomita, "Fast Region Labeling with Boundary Tracing", *IEEE ICIP'89*, Singapore, pp. 369-373.

[8] Robort M. Haralick, Linda G. Shapiro, Computer and Robot Vision, Addison Wesley, 1992.

[9] M.Kass, A.Witkin and D.Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models," *International Journal of Computer Vision*, vol.1, pp321-331, 1987.

이 응 주

1992년 경북대학교대학원 전자공학과(공학석사)
1996년 경북대학교대학원 전자공학과(공학박사)
1992년~1993년 국방과학연구소 품관소 연구원
1993년~1996년 동진전자연구소, 대현테크연구소 연구위원
1997년~현재 동명정보대학교 정보통신공학과 조교수
관심분야 : 칼라영상처리, 컴퓨터비젼, 신호처리 등
E-mail : ejlee@tmic.tit.ac.kr